

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

**Сборник методических указаний
по выполнению лабораторных работ**
по учебной дисциплине
ОП.05 «Материаловедение»

программы подготовки специалистов среднего звена

15.02.07 Автоматизация технологических
процессов и производств (по отраслям)

Новый Уренгой 2017

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины ОП.05 «Материаловедение» на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов лабораторных работ.

Методические указания по выполнению лабораторных работ адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:

Татьяна Валерьевна Коробейникова, преподаватель профессионального цикла

Данные методические указания
являются собственностью
© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании кафедры электротехнических специальностей и рекомендованы к применению

Протокол № 8 от « 4 » апреля 2017 г.

Зав. кафедрой Константинов Е.Г. Константина

Зарегистрированы в реестре банка программной, оценочной и учебно-методической документации

Регистрационный номер 492.АП.МЧУПР) ОП.05.

2 КЭГС. 001-17

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Инструкция по технике безопасности при проведении лабораторных работ.	7
Критерии оценки результатов выполнения лабораторной работы.	9
Лабораторная работа №1	11
«Исследование зависимости электрического сопротивления металлов от температуры»	11
Лабораторная работа №2	16
«Определение электрической прочности воздуха»	16
Лабораторная работа №3	23
«Определение электрической прочности трансформаторного масла»	23
Лабораторная работа №4	29
«Определение электрической прочности твердых диэлектриков».....	29
Лабораторная работа №5	39
«Исследование процессов намагничивания ферромагнетика»	39
Список использованных источников:	45
Приложение А.....	47
Образец оформления Отчета по лабораторной работе	47
Лист согласования	50

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Представленный сборник методических указаний представляет собой руководство по выполнению лабораторных работ и создан Вам в помощь для работы на занятиях и подготовки к лабораторным работам, правильного составления отчетов.

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности. Приступая к выполнению лабораторной работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме лабораторной работы, подготовить таблицы для занесения измеряемых величин.

Лабораторная работа засчитывается, если отчет соответствует предъявленным требованиям, и Вы ответили на теоретические вопросы преподавателя, приведенные в конце каждой лабораторной работы, т.е. «защитили» работу.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение лабораторных работ направлено на достижение следующих целей:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- получение практических навыков по сборке электрических схем, по методике проведения опытов и обработке их результатов, а также умение делать выводы об особенностях работы электрических цепей;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины. Освоенные на лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим

опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 20 (двадцати) лабораторных работ для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных работ – в совокупности лабораторные работы по учебной дисциплине «Материаловедение» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе УД «Материаловедение» и во ФГОС СПО по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)». Выполнение лабораторных работ направлено на формирование профессиональных компетенций:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Организовывать и осуществлять эксплуатацию электроустановок промышленных и гражданских зданий
ПК 1.2	Организовывать и производить работы по выявлению неисправностей электроустановок промышленных и гражданских зданий
ПК 1.3	Организовывать и производить ремонт электроустановок промышленных и гражданских зданий
ПК 2.1	Организовывать и производить монтаж силового электрооборудования промышленных и гражданских зданий с соблюдением технологической последовательности
ПК 2.2	Организовывать и производить монтаж осветительного электрооборудования промышленных и гражданских зданий с соблюдением технологической последовательности
ПК 2.3	Организовывать и производить наладку и испытания устройств электрооборудования промышленных и гражданских зданий
ПК 2.4	Участвовать в проектировании силового и осветительного электрооборудования
ПК 3.2	Организовывать и производить наладку и испытания устройств воздушных и кабельных линий

Код	Наименование результата обучения
ПК 3.3	Участвовать в проектировании электрических сетей
ПК 4.1	Организовывать работу производственного подразделения
ПК 4.2	Контролировать качество выполнения электромонтажных работ
ПК 4.4	Обеспечивать соблюдение правил техники безопасности при выполнении электромонтажных и наладочных работ

Общих компетенций:

Код	Наименование результата обучения
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации

Внимание! Если в процессе подготовки к лабораторным работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в день проведения консультации.

Время проведения консультации можно узнать у преподавателя или посмотреть на информационном стенде.

Желаем Вам успехов!!!

Инструкция по технике безопасности при проведении лабораторных работ.

1. Перед началом выполнения лабораторной работы студент обязан:

1.1 Изучить инструкцию по технике безопасности, пройти инструктаж и расписаться в соответствующем Журнале.

1.2 Изучить методические указания к лабораторной работе.

1.3 Подготовить экспериментальные установки для проведения опытов, для этого необходимо убедиться в отсутствии повреждений изоляции электрических шнуров, исправности электрических вилок, розеток, в наличии заземления прибора, при этом необходимо убедиться, что стенд обесточен: все выключатели, автоматы, рубильники находятся в положении «выключено».

1.4 Приступить к выполнению работы только с разрешения преподавателя.

2. Во время выполнения лабораторной работы студент обязан:

2.1 При работе с нагревательными приборами, сосудами с нагретыми жидкостями помнить о возможности получения тепловых ожогов при соприкосновении тела с поверхностями, нагретыми до температур выше 50°C. Нагретые предметы рекомендуется брать с помощью щипцов, теплоизоляционных рукавиц, размещать приборы и сосуды с нагретыми жидкостями на устойчивых опорах в защищенных местах.

2.2 Все переключения на установке производить только при обесточенном стенде.

2.3 При обнаружении неисправности необходимо немедленно выключить прибор и сообщить преподавателю о замеченных неполадках. Во время перерывов в работе прибор должен быть выключен.

2.4 **Категорически запрещается** касаться руками открытых токоведущих частей приборов в установках, находящихся под напряжением, а также самостоятельно устранять неисправности оборудования.

2.5 За невыполнение правил техники безопасности и противопожарной техники студент от работы отстраняется и вновь инструктируется.

3. После выполнения лабораторной работы студент обязан:

- 3.1 Обесточить экспериментальную установку, представить результаты опытных данных преподавателю.
- 3.2 Убрать соединительные провода и все используемые при выполнении лабораторной работы приборы в указанное преподавателем место.
- 3.3 Сдать рабочее место лаборанту/преподавателю.

Критерии оценки результатов выполнения лабораторной работы.

После составления отчета лабораторная работа должна быть защищена, т.е. необходимо ответить на контрольные вопросы преподавателя, представленные в конце каждой лабораторной работы.

Оценка «отлично» ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, знает физические процессы, объясняющие полученные результаты, дает полный, развернутый ответ на предложенные преподавателем контрольные вопросы, при этом в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Отчет по лабораторной работе оформлен в соответствии с приведенной формой и в строгом соответствии с ГОСТ и ЕСКД.

Оценка «хорошо» ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, знает физические процессы, объясняющие полученные результаты, но при этом допускает 2-3 неточности или незначительные ошибки, дает полный, развернутый ответ на предложенные преподавателем контрольные вопросы, при этом ответ четко структурирован, логичен. Отчет по лабораторной работе оформлен в соответствии с приведенной формой и в строгом соответствии с ГОСТ и ЕСКД.

Оценка «удовлетворительно» ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, но при этом присутствует фрагментарность изложения, на предложенные преподавателем контрольные вопросы дает недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ, логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. В ответе отсутствуют выводы. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Отчет по лабораторной работе оформлен в соответствии с приведенной формой, но допускаются незначительные нарушения требований ГОСТ и ЕСКД.

Оценка «неудовлетворительно» ставится студенту, если он фрагментарно объясняет порядок выполнения экспериментов в лабораторной работе, на пред-

ложенные преподавателем контрольные вопросы дает разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента или ответ на вопрос полностью отсутствует, а также в случае отказа от ответа. Отчет по лабораторной работе оформлен не в соответствии с приведенной формой и допускаются нарушения требований ГОСТ и ЕСКД.

Раздел 2 «Материалы, используемые в профессиональной деятельности».

Тема 2.2 «Материалы с большим удельным сопротивлением».

Лабораторная работа №1

«Исследование зависимости электрического сопротивления металлов от температуры»

Учебная цель: экспериментально исследовать зависимость сопротивления металлов от температуры и ознакомиться с измерением их температурных коэффициентов сопротивления.

Обеспеченность занятия (средства обучения):

1. Лабораторное оборудование и инструменты:

- Металлический резистор, представляющий собой катушку из медной проволоки;
- Термопара – 1 шт.;
- Прибор универсальный измерительный Р4833;
- Дистиллированная вода;
- Нагревательный элемент;
- Стеклянная термоустойчивая колба;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с приборами и оборудованием, необходимыми для выполнения работы.
2. Запишите их основные технические данные в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Технические данные приборов

Наименование прибора и оборудования	Количество	Характеристика	Марка
Прибор универсальный измерительный			
Термопара			
Металлический резистор			
Нагревательный элемент			
Стеклянная термоустойчивая колба			

3. Изучите принципиальную схему экспериментальной установки (рисунок 1.1) и зарисуйте ее в отчет.

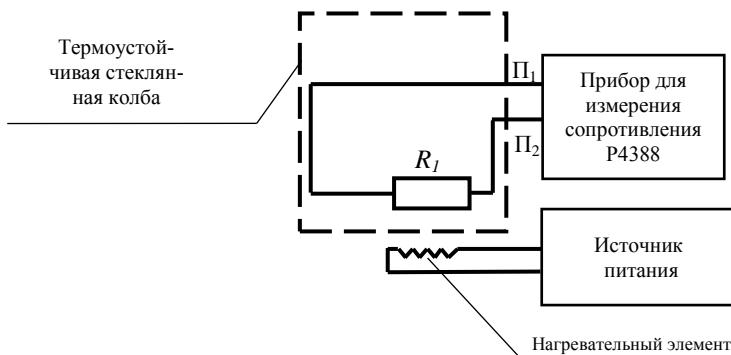


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема экспериментальной установки.

4. Убедитесь, что температура внутри стеклянной колбы близка к комнатной, для этого измерьте величину температуры мультиметром, оснащенным термопарой.

5. Измерьте значение сопротивления проводника при комнатной температуре с помощью универсального измерительного прибора Р4388. Для этого нажмите кнопки «Г» и «БМ», «МО-2» и «I». Установите выбранный множитель на переключателе плеч отношения « $\times N$ » равный 1. Подключите измеряемый металлический проводник в виде катушки из медной проволоки к зажимам «П1», «П2». Установите стрелку гальванометра на нуль вращением ручек десятковых переключателей вначале при нажатой кнопке « \square », а затем при нажатой кнопке « \triangle ». Определите величину измеряемого сопротивления R_x в омах по формуле:

$$R_x = N \times R_m,$$

где N – отношение сопротивлений плеч отношения;

R_m – величина сопротивления плеча сравнения, Θ .

6. Данные запишите в таблицу 1.2.

7. Снимите зависимость сопротивления металла от температуры.

Нагрейте емкость с дистиллированной водой на 7-10°C выше комнатной и повторите п.5. Полученные данные занесите в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Данные измерения сопротивлений при различной температуре

№ опыта	1	2	3	4	5
$t, ^\circ\text{C}$					
$R_1, \text{Ом (металл)}$					

8. Далее, последовательно увеличивая температуру нагрева на 5-10°C, определите R_1 ещё для трех значений температуры. Максимальная температура нагрева не должна превышать 65°C. Занесите все результаты в таблицу 1.2.

9. Выключите установку.

10. По данным таблицы 1.2 постройте на миллиметровой бумаге график (возможно в разном масштабе) зависимости сопротивлений металла от температуры.

11. Выберите на прямом участке графика $R(T)$ для металла две точки $R_1(T_1)$ и $R_2(T_2)$ в начале и в конце интервала измеренных температур и вычислите температурный коэффициент сопротивления металла по формуле

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1}$$

Сопротивление R_0 – сопротивление металлического медного проводника при температуре 20°C.

12. Сравните полученное значение α с табличным значением для меди.

Вещество	Температурный коэффициент сопротивления, К^{-1}
Алюминий	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Железо	$6,2 \cdot 10^{-3}$
Медь	$4,3 \cdot 10^{-3}$
Ртуть (жидк.)	$9 \cdot 10^{-4}$
Константан (40% Ni, ~ 60% Cu)	$2 \cdot 10^{-5}$
Нихром (20% Cr, 75% Ni, 5% Fe)	$1 \cdot 10^{-4}$
Фехраль (13% Cr, 4% Al, 1% Si, 0,7% Mn, остальное Fe)	$2 \cdot 10^{-4}$
Хромаль (25% Cr, 5% Al, 70% Fe)	$4 \cdot 10^{-5}$

13. Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы, и сделайте выводы.

14. Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы:

С точки зрения способности проводить электрических ток все вещества подразделяются на три класса: проводники, полупроводники и диэлектрики (изоляторы). Электрическое сопротивление полупроводника занимает промежуточное значение между сопротивлением металлов и диэлектриков.

Сопротивление металлического проводника прямо пропорционально температуре:

$$R = R_0[1 + \alpha(t - 20)],$$

где R_0 – сопротивление металлического проводника при температуре 20°C; α – температурный коэффициент сопротивления металла, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; t – температура, $^{\circ}\text{C}$.

Температурные коэффициенты чистых металлов примерно одинаковы и равны $\alpha \approx 1/273 \text{ K}^{-1} \approx 0,0036 \text{ K}^{-1}$. Температурные коэффициенты сплавов, как правило, значительно меньше, чем у чистых металлов. Существуют специальные сплавы, сопротивление которых практически не изменяется при нагревании, например, константан и манганин. Зависимость сопротивления металлических проводников от температуры используют в различных измерительных и автоматических устройствах, например, в термометрах сопротивления. Главным достоинством таких термометров является большой температурный диапазон измерений.

Устройство и принцип работы экспериментальной установки:

Металлический резистор, представляющий собой катушку из медной проволоки (сопротивлением R_1), помещен в термоустойчивую стеклянную колбу (рисунок 1.1).

Температура в емкости измеряется термопарой. Сопротивления резисторов измеряются с помощью моста постоянного тока Р4833, работающего в режиме измерения сопротивления.

Контрольные вопросы:

1. Какова будет проводимость металлов при $T=0$ К?
2. Как определяется температурный коэффициент сопротивления металлов?
3. Каков физический смысл температурного коэффициента сопротивления металла? От чего он зависит?

Содержание отчета по лабораторной работе:

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Рисунок 1.1 – Принципиальная схема установки
4. Таблица 1.1 – Технические данные приборов.
5. Таблица 1.2 – Данные измерения сопротивлений при различной температуре
6. График зависимости сопротивления от температуры
7. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
8. Перечень контрольных вопросов.

Раздел 2 «Материалы, используемые в профессиональной деятельности»

Тема 2.9 «Диэлектрические материалы и их применение»

Лабораторная работа №2

«Определение электрической прочности воздуха»

Учебная цель: ознакомиться с методикой определения электрической прочности воздуха, получить опытные значения электрической прочности воздушных промежутков

Обеспеченность занятия (средства обучения):

- Установка АИМ-90 – рассчитана для эксплуатации в условиях лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях при рабочих значениях температуры воздуха от + 10 до + 35°C(предельное значение температуры: верхнее +10°C, нижнее +1°C). Относительная влажность – не более 80% при + 25°C и при более низких температурах, без конденсации влаги, а атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст.;
- Воздух.

Порядок выполнения работы:

15. Прежде чем приступить к работе на аппарате, заземлите его прилагаемым к аппарату гибким медным проводом, сечение которого не менее 4 мм^2 .
16. Установите АИМ-90 на диэлектрическую подставку.
17. Кабель источника подсоедините к соответствующим разъёмам.
18. Перед проведением опыта сосуд со стандартными электродами промойте мыльным раствором и произведите естественную сушку. Протирать соуд нельзя.
19. Работу на аппарате производите, стоя на резиновом коврике.
20. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.
21. Установите ванну с электродами.
22. Плавно опустите защитный щиток измерительного блока.

23. Подключите установку АИМ-90 к питающей сети.
24. Включите питание стенда нажатием клавиши «Сеть» высоковольтного блока.
25. Нажмите, отпустите кнопку «Запуск» высоковольтного блока. При этом на цифровом индикаторе будут отображаться значения линейно возрастающего испытательного напряжения.
26. При возникновении пробоя светится индикатор пробой.
27. Нажмите и опустите кнопку «Сброс» высоковольтного блока. При этом показания цифрового индикатора обнуляются.
28. Повторите последовательность операции п.п.10 и 11 пять раз, выдерживая время между пробоями 5 минут.
29. Выключите питание стенда нажатием клавиши «Сеть» высоковольтного блока.
30. Опустите защитный щиток вниз.
31. Результаты измерений занесите в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. – Результаты измерений и вычислений

№ п/п	Наименование диэлектрика	Измерено					Вычислено	
		H,мм	U _{пр1} , кВ	U _{пр2} , кВ	U _{пр3} , кВ	U _{пр4} , кВ	U _{прср} , кВ	E _{прср} , кВ
1	Воздух							

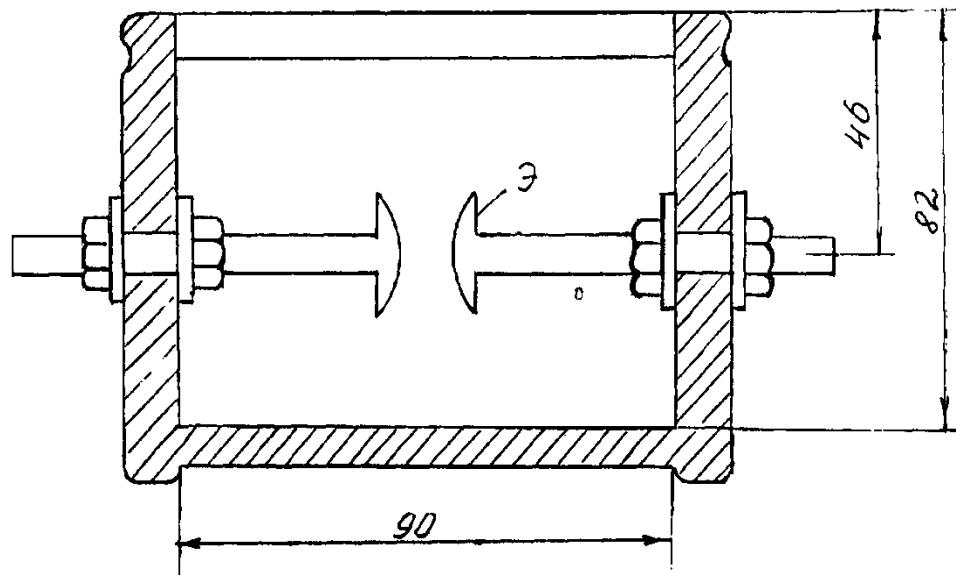


Рисунок 2.1 – Ёмкость для пробоя воздуха

32. Вычислите среднее значение пробивного напряжения:

$$U_{\text{пр.ср}} = \frac{\sum U_{\text{пр}}}{N}$$

33. Вычислите среднее значение электрической прочности воздуха:

$$E_{\text{пр.ср}} = \frac{U_{\text{пр.ср}}}{h}$$

34. Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы, и сделайте выводы.

35. Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы:

Внешней изоляцией во многих видах электротехнических конструкций: в трансформаторах, конденсаторах, на линиях электропередачи – служит воздух. Электрическая прочность воздуха в нормальных условиях невелика по сравнению с $E_{\text{пр}}$ большинства жидких и твердых диэлектриков. Как диэлектрик, воздух имеет следующие положительные свойства:

- быстро восстанавливает свою электрическую прочность после пробоя;
- незначительно изменяет диэлектрическую проницаемость;
- диэлектрические потери его очень малы ($\text{tg}\delta = 10^{-6}$).

Отрицательные свойства воздуха как диэлектрика%

- низкая теплопроводность;
- невысокая электрическая прочность;
- способность увлажняться, образовывать оксиды, поддерживать горение.

Электрическая прочность воздуха не является постоянной и зависит от давления и относительной влажности, а также формы электродов.

Явление пробоя воздуха зависит от степени однородности электрического поля, в котором осуществляется пробой. Рассмотрим явление пробоя воздуха в однородном поле. Однородное поле можно получить между плоскими электродами с закругленными краями, а также между сферами при расстоянии между ними, соизмеримом с диаметром сферы. В таком поле пробой наступает прак-

тически мгновенно при достижении строго определенного напряжения, зависящего от температуры и давления воздуха. Между электродами возникает искра, которая затем переходит в дугу, если источник напряжения имеет достаточную мощность. Появление искры при заданном расстоянии между электродами используют для определения значения приложенного напряжения (измерение высоких напряжений при помощи шаровых разрядников).

При малых расстояниях между электродами наблюдается значительное увеличение электрической прочности воздуха (рисунок 2.2).

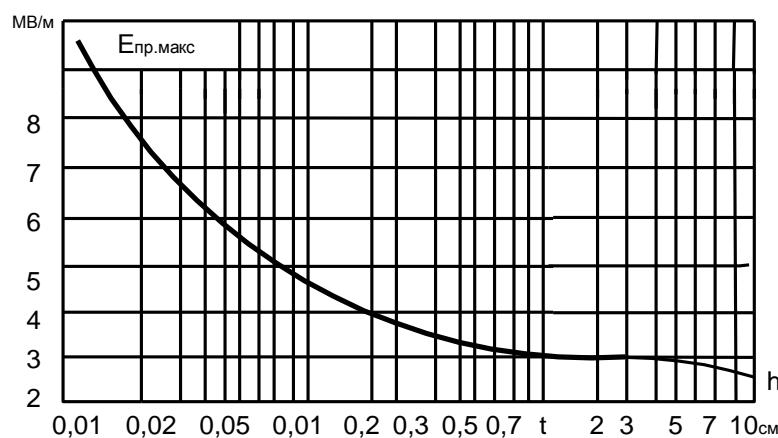


Рисунок 2.2 – Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами в однородном поле при $f=50$ Гц, $t=20^{\circ}\text{C}$, $p=0,1$ МПа

Зависимость пробивных напряжений воздушных промежутков от давления, температуры и влажности является в общем случае сложной, и соответствующие поправки на атмосферные условия определяются по ГОСТ 1516.2-97. Однако для промежутков длиной менее одного метра можно воспользоваться формулой:

$$U_{\text{пр}} = U_0 \frac{p \times 293}{p_0(273 + t)} \times \frac{1}{k_y}$$

где U_0 – пробивное напряжение промежутка при нормальных атмосферных условиях;

p и p_0 – атмосферное давление в условиях опыта и нормальное атмосферное давление;

t – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

k_y – поправочный коэффициент, определяемый по рисунку 2.3 Для более длинных промежутков указанные поправки несколько меньше, чем для промежутков длиной один метр и менее.

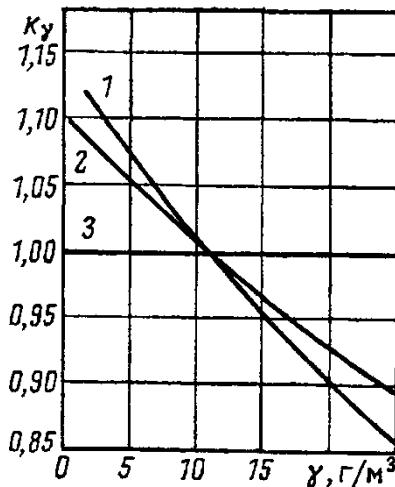


Рисунок 2.3 – Поправочный коэффициент на влажность в зависимости от абсолютной влажности для стержневых промежутков длиной менее 1 м.

$f=50\text{Гц}$; 2 – грозовой импульс положительной полярности, постоянное напряжение положительной полярности для промежутков стержень – стержень и стержень – плоскость; 3 – грозовой импульс отрицательной полярности и постоянное напряжение отрицательной полярности для промежутка стержень – плоскость.

Из рисунка 2.3 видно, что для очень длинных промежутков рост пробивного напряжения с увеличением длины промежутка очень слабый при напряжении промышленной частоты и положительной полярности коммутационного импульса.

В связи с указанным обстоятельством при разработке электроизоляционных конструкций объектов, предназначенных для установки внутри помещения, стараются применять легкие металлические экраны для выравнивания распределения поля. К такому же мероприятию прибегают при желании резко повысить начальные напряжения разрабатываемого оборудования в случае коротких промежутков. В длинных промежутках напряжения определяют на основании расчета электрического поля для определенной допустимой напряженности поля, полученной путем экспериментальных исследований. Эти допустимые

напряженности существенно ниже расчетных напряженностей в идеальном случае, т. е. при очень гладкой поверхности и очень чистом воздухе. Допустимые напряженности зависят от рода напряжения и радиуса экрана (рисунок 2.4). Наиболее низкие допустимые напряженности соответствуют постоянному напряжению, в чем отражается известный факт втягивания и оседания на поверхности электродов пыли. При больших радиусах электродов допустимые напряженности поля равны:

- в случае коммутационного импульса – 22 кВ/см;
- при переменном напряжении промышленной частоты – 15 кВ/см (амплитудное значение);
- при постоянном напряжении – 13 кВ/см.

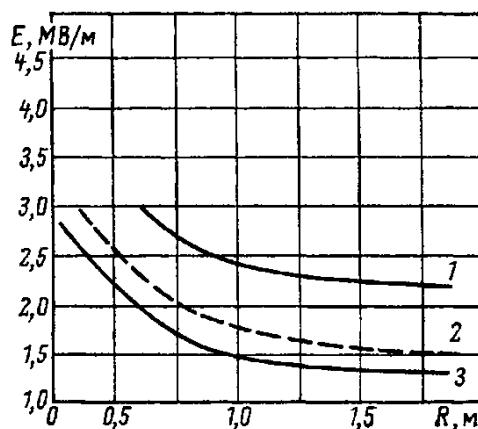


Рисунок 2.4 – Зависимость допустимой напряженности электрического поля от радиуса экрана;

1 – коммутационный импульс (250 /2500 мкс); 2 – 50 Гц ; 3 – постоянное

напряжение

Контрольные вопросы:

1. Объясните явления электропроводности и диэлектрических потерь воздуха.
2. Как связаны между собой пробивное напряжение и электрическая прочность?
3. Какая форма электродов способствует увеличению пробивного напряжения и почему?

4. От каких факторов зависит пробивное напряжение воздуха?
5. Перечислите положительные и отрицательные свойства воздуха.
6. Для чего используются легкие металлические экраны?

Содержание отчета по лабораторной работе (форма отчета приведена в приложении А):

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Рисунок 2.1 – Ёмкость для пробоя воздуха.
4. Таблица 2.2 – Данные измерений и расчетов.
5. Расчеты пунктов 18-19.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Лабораторная работа №3

«Определение электрической прочности трансформаторного масла»

Учебная цель: ознакомиться с методом испытания жидкого диэлектрика – трансформаторного масла, определить пригодность испытываемой жидкости для применения в высоковольтных аппаратах путем сравнения опытных данных с характеристиками жидких диэлектриков.

Обеспеченность занятия (средства обучения):

- Установка АИМ-90 – рассчитана для эксплуатации в условиях лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях при рабочих значениях температуры воздуха от + 10 до + 35°C(предельное значение температуры: верхнее +10°C, нижнее +1°C). Относительная влажность – не более 80% при + 25°C и при более низких температурах, без конденсации влаги, а атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст;
- Трансформаторное масло.

Порядок выполнения работы:

1. Прежде чем приступить к работе на аппарате, заземлите его прилагаемым к аппарату гибким медным проводом, сечение которого не менее 4 мм².
2. Установите АИМ-90 на диэлектрическую подставку.
3. Кабель источника подсоедините к соответствующим разъёмам.
4. Перед проведением опыта сосуд со стандартными электродами промойте мыльным раствором и произведите естественную сушку. Протирать сосуд нельзя.
5. Работу на аппарате производите, стоя на резиновом коврике.
6. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.
7. Установите ванну с маслом на соответствующие электроды.
8. Плавно опустите защитный щиток измерительного блока.
9. Подключите установку АИМ-90 к питающей сети.

10. Включите питание стенда нажатием клавиши «Сеть» высоковольтного блока.

11. Нажмите, отпустите кнопку «Запуск» высоковольтного блока. При этом на цифровом индикаторе будут отображаться значения линейно возрастающего испытательного напряжения.

12. При возникновении пробоя светится индикатор пробой.

13. Нажмите и опустите кнопку «Сброс» высоковольтного блока. При этом показания цифрового индикатора обнуляются.

14. Повторите последовательность операции п.п.10 и 11 пять раз, выдерживая время между пробоями 8-10 минут.

15. Выключите питание стенда нажатием клавиши «Сеть» высоковольтного блока.

16. Результаты измерений занесите в таблицу 3.1.

Таблица 3.1. – Результаты измерений и вычислений

№ п\п	Наименование жидкого диэлек- трика	Измерено					Вычислено	
		h,мм	U _{пр1} , кВ	U _{пр2} , кВ	U _{пр3} , кВ	U _{пр4} , кВ	U _{пр5} , кВ	U _{прср} , кВ
1	Трансформаторное масло							

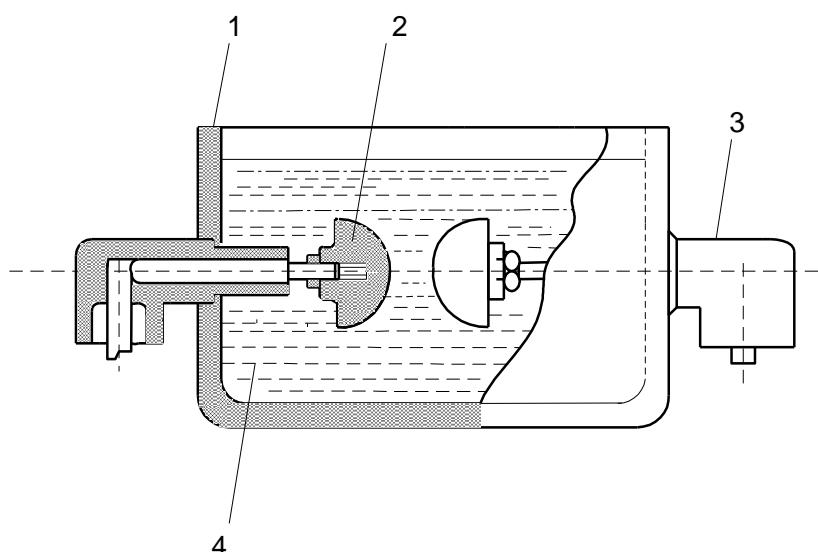


Рисунок 3.1 – Сосуд для испытания жидких диэлектриков

1 – фарфоровая ванна, 2 – электрод, 3 – изолятор, 4 – испытываемый жидкий диэлектрик

17. Вычислите среднее значение пробивного напряжения:

$$U_{\text{пр.ср}} = \frac{\sum U_{\text{пр}}}{N}$$

18. Вычислите среднее значение электрической прочности трансформаторного масла:

$$E_{\text{пр.ср}} = \frac{U_{\text{пр.ср}}}{h}$$

19. Определите пригодность испытываемой жидкости для применения в высоковольтных аппаратах путем сравнения опытных данных с характеристиками жидких диэлектриков, приведенных в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Нормы электрической прочности трансформаторного масла

Для аппаратов с рабочим напряжением, кВ	Электрическая прочность $U_{\text{пр}}/2,5$ (кВ/мм), не менее	
	Сухого материала	Масла находящегося в эксплуатации
6 и ниже	25	20
35	30	25
110 и 220	40	35
330 и выше	50	45

20. Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы, и сделайте выводы.

21. Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы:

Жидкие диэлектрики можно классифицировать по различным признакам.

По химической природе: а) нефтяные масла; б) синтетические жидкости (хлорированные и фторированные углеводороды, кремний- или фторорганические жидкости, различного рода производные на ароматической основе, сложные эфиры различных типов, полизобутилены).

По специфике применения для: а) трансформаторов, б) выключателей и контакторных устройств регулирования напряжения под нагрузкой; в) конден-

саторов; г) кабелей; д) систем циркуляционного охлаждения и изоляции установок высокого напряжения.

По верхнему пределу допустимой рабочей температуры: а) до 70°C (нефтяные масла в конденсаторах); б) до 95°C (нефтяные масла в трансформаторах, хлорированные углеводороды в конденсаторах); в) до 135°C (некоторые синтетические и хлорированные углеводороды, некоторые эфиры кремниевой, фосфорной, органической кислот, полиоргано-силоксаны); г) до 200°C [некоторые типы фторуглеродов, хлор(фтор)органосилоксаны; д) до 250°C (полифенилэфиры и специальные полиорганосилоксаны). Классификация по верхнему пределу допустимой температуры зависит также от особенностей эксплуатации жидкого диэлектрика и требуемого срока службы.

По степени горючести: а) горючие; б) негорючие.

Трансформаторное масло используют как диэлектрик в различной высоковольтной аппаратуре. В трансформаторах масло является также охлаждающей средой, в масляных выключателях – дугогасящей средой. Масло характеризуется достаточно высокой электрической прочностью (12-20МВ/м), малыми диэлектрическими потерями, удовлетворительной теплопроводностью 0,0015 Вт/(см °C). Оно, как и другие жидкие диэлектрики, способно восстанавливать свою электрическую прочность после пробоя. Масло можно очищать и сушить, тем самым восстанавливая его электроизоляционные свойства.

Трансформаторное масло стареет (окисляется) под влиянием кислорода воздуха, высокой температуры и солнечного света. Процессу старения масла способствует соприкосновение его с лаковой изоляцией и металлами (особенно с медью). Масло обладает гигроскопичностью, понижающей его электрическую прочность.

Старение масла можно определить по изменению цвета, наличию механических примесей (шлама), воды и другим внешним признакам.

Одной из наиболее важных электрических характеристик жидких диэлектриков является их электрическая прочность $E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{h}$, где $U_{\text{пр}}$ – пробивное

напряжение, МВ; h – толщина испытываемого слоя жидкого диэлектрика (расстояние между электродами), м.

Значение пробивного напряжения зависит от формы и размеров электродов, расстояния между ними, давления и температуры жидкого диэлектрика, характера приложенного напряжения (постоянное, переменное), степени загрязнения волокнами, водой и другими примесями. Снижение электроизоляционных свойств жидкого диэлектрика может привести к аварии в электрической установке, поэтому для обеспечения нормальной работы аппаратуры периодически проверяют качество диэлектрика и, в первую очередь, его электрическую прочность.

Определение качества масла (электрической прочности) в соответствии с требованиями ГОСТ 6581-75 «Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний», производится между дисковыми электродами с закругленными краями диаметром 25 мм при расстоянии между ними 2,5 мм.

Контрольные вопросы:

1. Как влияет на электрическую прочность масла большое число следующих друг за другом пробоев?
2. Почему при стандартном испытании масла берут среднее из пяти значений пробивного напряжения, а не удовлетворяются одним или двумя значениями?
3. В каких электрических аппаратах применяют трансформаторное масло?
4. От каких факторов зависит значение пробивного напряжения?
5. Какие функции в трансформаторе выполняет трансформаторное масло и какие требования предъявляются к нему?

Содержание отчета по лабораторной работе (форма отчета приведена в приложении А):

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.

3. Рисунок 2.1 – Сосуд для испытания жидкких диэлектриков.
4. Таблица 2.2 – Данные измерений и расчетов.
5. Расчеты пунктов 17-19.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Раздел 2. Материалы, используемые в профессиональной деятельности

Тема 2.9 Диэлектрические материалы и их применение

Лабораторная работа №4

«Определение электрической прочности твердых диэлектриков»

Учебная цель: определить электрическую прочность твердых диэлектриков.

Обеспеченность занятия (средства обучения):

- Лабораторный стенд «Изучение диэлектрической прочности твердых диэлектриков»;
- Образцы твердых диэлектриков (лакоткань, картон, пластмасса, резина)..

Порядок выполнения работы:

1. Изучите внимательно устройство лабораторной установки: стенд состоит из двух блоков, измерительного и высоковольтного, соединенных между собой высоковольтным и блокировочным кабелями. Измерительный блок устанавливается на стойку и штатив. Внешний вид блоков приведен на рисунках 4.1-4.4.

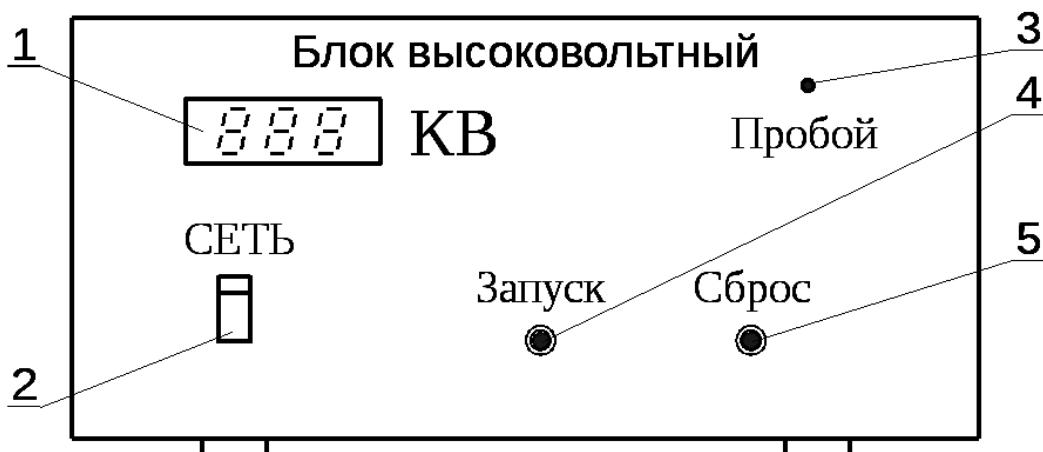


Рисунок 4.1 – Передняя панель высоковольтного блока

1 – Цифровой индикатор выходного напряжения; 2 - Выключатель сетевого питания. «СЕТЬ»; 3 – Световой индикатор «ПРОБОЙ»; 4 – Кнопка «ЗАПУСК»; 5 – Кнопка «СБРОС».

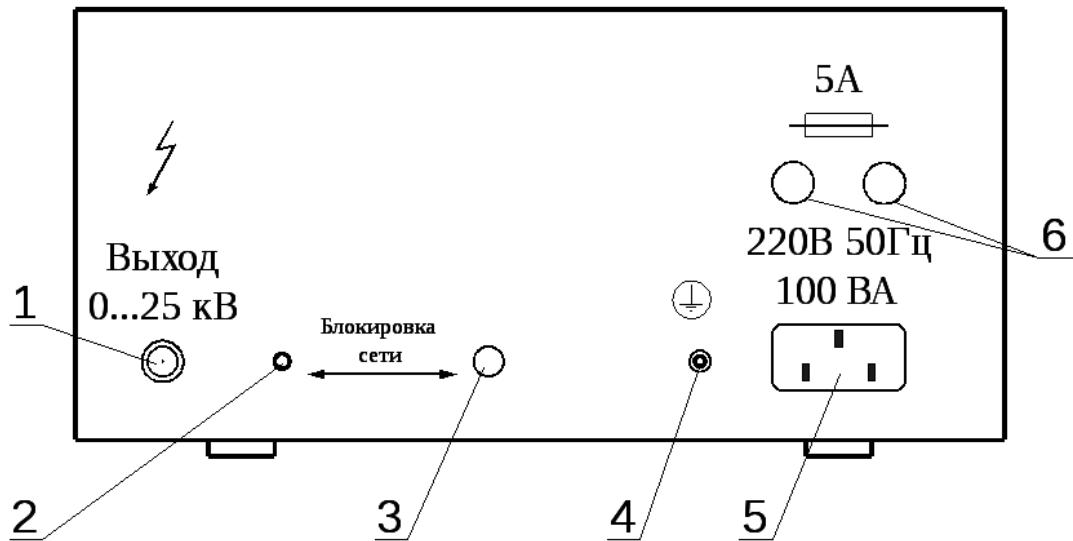


Рисунок 4.2 – Задняя панель высоковольтного блока

1 – Высоковольтное гнездо «ВЫХОД 0...25 кВ»; 2 – Кнопка блокировки сети; 3 – Гнездо блокировки сети; 4 – Клемма защитного заземления; 5 – Гнездо подключения сетевого шнура; 6 – держатели предохранителей.

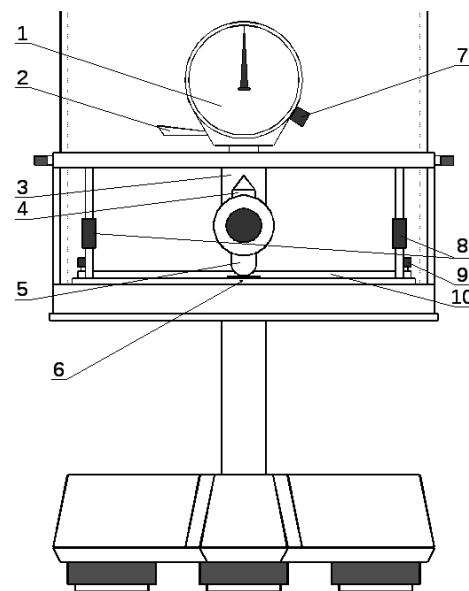


Рисунок 4.3 – Передняя панель измерительного блока

1 – Измерительная головка; 2 – Рычаг перемещения подвижного стержня; 3 – Подвижный стержень; 4., 5 – Электроды подвижного стержня; 6 – Положительный электрод; 7 – Ручка коррекции установки «0»; 8 – Винты грубой установки «0»; 9 – Винты прижимной планки; 10 – Прижимная планка.

Сверху на измерительном блоке расположена измерительная головка для измерения толщины образца с ручкой коррекции установки "0" и рычагом перемещения подвижного стержня. Внутри измерительного блока расположены измерительная камера, в которую введен подвижный стержень измерительной головки. На стержне расположены испытательные электроды четырех типоразмеров, которые меняются посредством вращения.

Электроды измерительного стержня электрически соединены с корпусом (общим проводом) высоковольтного блока и клеммой защитного заземления, расположенной на задней стенке измерительного блока.

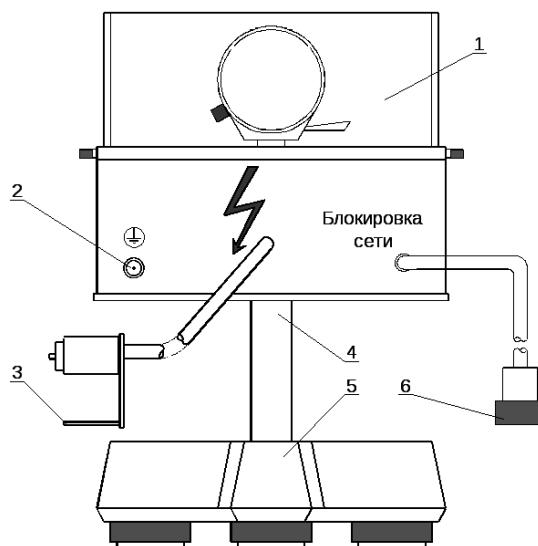


Рисунок 4.4 – Задняя панель измерительного блока

1 – Защитный щиток; 2 – Клемма заземления; 3 – Штырь разъема высоковольтного кабеля; 4 – Стойка; 5 – Лабораторный штатив; 7 – Разъем блокировки сетевого питания высоковольтного блока.

Стол измерительной камеры выполнен из изоляционного материала, с вмонтированным электродом, на который подается положительный испытательный потенциал с выхода высоковольтного блока посредством соединительного кабеля с высоковольтным коаксиальным разъемом, снабженным штырем, управляющим кнопкой БЛОКИРОВКА СЕТИ высоковольтного блока. При отсоединенном разъеме эта кнопка отключает электропитание от высоковольтного блока.

Внутри измерительной камеры расположено устройство крепления испытуемого образца и две стойки с винтами предварительной установки "0" измерительной головки. Измерительная камера снаружи закрыта защитным прозрачным щитком, который при открывании блокирует, посредством вмонтированного в измерительный блок концевого выключателя, электропитание высоковольтного блока, подводящееся к нему посредством соединительного кабеля от гнезда БЛОКИРОВКА СЕТИ.

В основании измерительного блока имеется отверстие для установки его на стойку и штатив.

2. Выключите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.

3. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.

4. Вращением винтов поднимите прижимную планку устройства крепления образца поз. 10 рисунок 4.3.

5. Легким нажимом на боковой рычаг поз.2 рисунок 4.3 поднимите подвижный стержень вверх и введите между электродом и столом измерительной камеры испытуемый образец, после чего плавно отпустите боковой рычаг головки.

6. Вращением винтов опустите прижимную планку устройства крепления образца.

7. Плавно опустите защитный щиток измерительного блока.

8. Зафиксируйте значение толщины образца по показаниям индикатора измерительной головки.

9. Включите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.

10. Нажмите и отпустите кнопку ЗАПУСК высоковольтного блока. При этом на цифровом индикаторе будут отображаться значения линейно возрастающего испытательного напряжения.

11. При возникновении пробоя начнёт светиться индикатор ПРОБОЙ и сработает звуковая сигнализация, зафиксируйте показания цифрового индикатора (гарантированное время фиксации значения напряжения пробоя 20с).

12. Нажмите и отпустите кнопку СБРОС высоковольтного блока. При этом показания цифрового индикатора обнуляются.

13. Выключите питание стенда нажатием клавиши СЕТЬ высоковольтного блока.

14. Плавно поднимите защитный щиток измерительного блока.

15. Вращением винтов поднимите прижимную планку устройства, крепления образца.

16. Легким нажимом на боковой рычаг измерительной головки поднимите подвижный стержень вверх и сместите испытуемый образец для получения новой точки пробоя.

17. Повторите последовательно операции согласно п 5-16 для каждого образца три раза.

18. При необходимости смены типоразмера испытательного электрода, повторите последовательно операции согласно п 3-16.

19. Запишите данные в таблицу 4.2

20. Стенд отключите от питающей сети, а защитный щиток опустите вниз.

Таблица 4.1 – Данные измерений и расчетов

Номер п/п	Наименование испытываемого материала	Измеряется			Вычисляется		
		h, м	U _{пр} , кВ			U _{пр.ср} , кВ	E _{пр} , кВ/м
			1	2	3		
1							
2							
3							
4							
5							

21. Вычислите среднее значение пробивного напряжения для каждого испытуемого образца:

$$U_{\text{пр.ср}} = \frac{\sum U_{\text{пр}}}{N}$$

22. Вычислите среднее значение электрической прочности:

$$E_{\text{пр.ср}} = \frac{U_{\text{пр.ср}}}{h}$$

23. Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы, и сделайте выводы.

24. Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы:

При увеличении напряжения в электрической установке может произойти пробой ее изоляции. В результате этого диэлектрик оказывается непригодным для дальнейшего применения. Напряжение, при котором происходит пробой, называется *пробивным*, обозначается U и выражается в кВ.

Способность электроизоляционных материалов противостоять пробою называется *электрической прочностью*. Электрическая прочность E МВ/м, определяется отношением пробивного напряжения к толщине диэлектрика в месте пробоя и вычисляется по формуле (однородное поле) $E=U/h$, h – толщина диэлектрика, мм.

Электрическая прочность твердых диэлектриков зависит от их структуры, толщины, окружающей температуры и других факторов. Электрическая прочность диэлектрика может быть повышена пропиткой его маслами, лаками или компаундами.

Для обеспечения надежности работы электрических установок рабочее напряжение U электроизоляционных материалов должно быть значительно ниже пробивного напряжения U .

Различают четыре вида пробоя твердых диэлектриков:

- 1) электрический пробой макроскопически однородных диэлектриков;
- 2) электрический пробой неоднородных диэлектриков;

- 3) тепловой (электротепловой) пробой;
- 4) электрохимический пробой.

Каждый из указанных видов пробоя может иметь место для одного и того же материала в зависимости от характера электрического поля (постоянного или переменного, импульсного, низкой или высокой частоты), наличия в диэлектрике дефектов, в частности закрытых пор, от условий охлаждения, времени воздействия напряжения.

Электрический пробой макроскопически однородных диэлектриков. Этот вид пробоя характеризуется весьма быстрым развитием, он протекает за время, меньшее 10^{-10} с, и не обусловлен тепловой энергией, хотя электрическая прочность при электрическом пробое в некоторой степени зависит от температуры.

Электрический пробой по своей природе является чисто электронным процессом, когда из немногих начальных электронов в твердом теле создается электронная лавина. Электроны рассеивают энергию своего движения, накопленную в электрическом поле, возбуждая упругие колебания кристаллической решетки. Электроны, достигшие определенной критической скорости, производят отщепление новых электронов, и стационарное состояние нарушается, т.е. возникает ударная ионизация электронами в твердом теле.

Чисто электрический пробой имеет место, когда исключено влияние электропроводности и диэлектрических потерь, обуславливающих нагрев материала, а также отсутствует ионизация газовых включений. Для однородного поля и полной однородности структуры материала напряженность поля при электрическом пробое может служить мерой электрической прочности вещества. Такие условия удается наблюдать для монокристаллов щелочно-галоидных соединений и некоторых органических полимеров. В этом случае E достигает сотен мегавольт на метр и более.

Для однородных материалов наблюдается заметная разница между значениями пробивного напряжения в однородном и неоднородном полях (рисунок 4.5).

Электрический пробой неоднородных диэлектриков. Такой пробой характерен для технических диэлектриков, содержащих газовые включения, и так же, как и электрический пробой однородного диэлектрика, весьма быстро развивается.

Пробивные напряжения для неоднородных диэлектриков, находящихся во внешнем однородном или неоднородном поле, как правило, невысоки и мало отличаются друг от друга (рисунок 4.5 и 4.6).

Принято считать, что в однородном поле электрическая прочность стекол, фарфора и других твердых диэлектриков не зависит от толщины образца. Однако основные работы по изучению влияния степени однородности поля на электрическую прочность проводились лишь со стеклом при очень малых толщинах образцов – от 0,05 до 0,2-0,5 мм, когда число дефектов невелико.

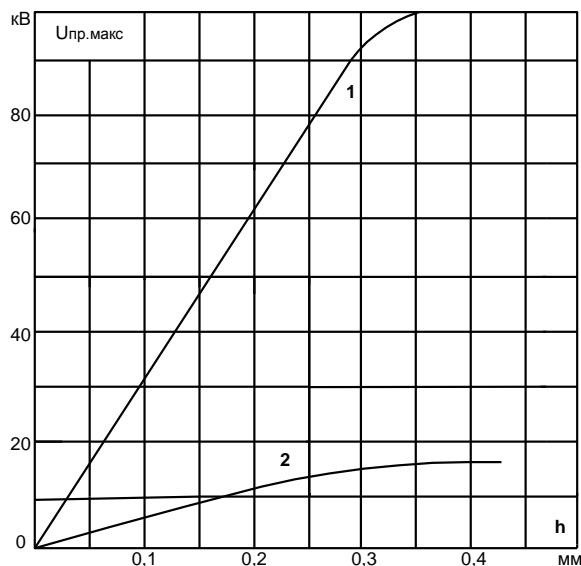


Рисунок 4.5 – Зависимость пробивного напряжения от толщины при 50 Гц
для одного из сортов технического стекла

1 – однородное поле; 2 – резко неоднородное поле

Из рисунков 4.5 и 4.6 видно, что с увеличением толщины образца усиливается неоднородность структуры, возрастает число газовых включений и снижаются электрические прочности как в однородном, так и в неоднородном поле. Иногда на опыте можно наблюдать, что электрическая прочность керамики при электродах, создающих внешнее неоднородное поле, будет даже выше, чем

при электродах, обеспечивающих однородное поле. Так, электрическая прочность образцов рутиловой керамики толщиной 1,6-1,7 мм при постоянном напряжении для электродов игла – плоскость составляет примерно 24 МВ/м, а плоских электродов – всего 12,5 – 15 МВ/м.

Из этого следует, что чем меньше площадь электродов, тем выше может быть значение электрической прочности керамических материалов вследствие уменьшения числа инородных включений, попадающих в пределы поля, хотя поле в этом случае резко неоднородное. Снижение электрической прочности твердых диэлектриков при увеличении площади электродов наблюдается не только у керамики, но и у других материалов: бумаги, картона, лакотканей.

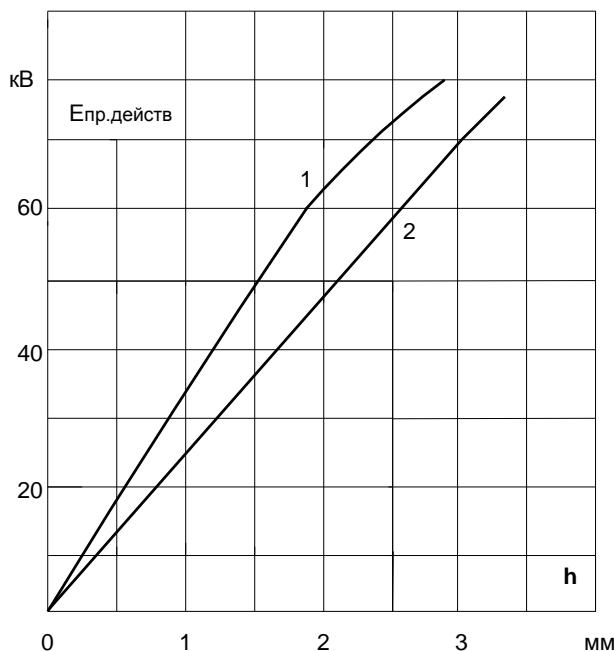


Рисунок 4.6 – Зависимость пробивного напряжения от толщины при 50 Гц для электротехнического фарфора
 1 – однородное поле; 2 – резко неоднородное

Электрическая прочность твердых диэлектриков практически не зависит от температуры до некоторого ее значения. Выше этого значения наблюдается заметное снижение электрической прочности, что говорит о появлении механизма теплового пробоя.

Низкой электрической прочностью отличаются диэлектрики с открытой пористостью (непропитанная бумага, дерево, пористая керамика). Электрическая прочность их сравнительно мало отличается от таковой для воздуха; исключение составляет бумага с повышенной плотностью. Твердые диэлектрики с закрытыми порами, например, плотная керамика, характеризуется более высокой электрической прочностью. Наличие газовых включений в твердой изоляции особенно опасно при высоких частотах.

Высокой электрической прочностью характеризуются диэлектрики, имеющие плотную структуру и не содержащие газовых включений. К ним относятся: слюда, бумага, тщательно пропитанная жидким диэлектриком, стекла.

Контрольные вопросы:

1. Почему у твёрдых диэлектриков, пропитанных электроизоляционными жидкостями, увеличивается электрическая прочность?
2. В каких единицах измеряют пробивное напряжение и электрическую прочность? Какова связь между этими параметрами?
3. Зависит ли электрическая прочность твёрдых диэлектриков от скорости повышения напряжения?

Содержание отчета по лабораторной работе (форма отчета приведена в приложении А):

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Рисунок 4.3 – Передняя панель измерительного блока.
4. Таблица 4.1 – Данные измерений и расчетов
5. Расчеты пунктов 21-22.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Раздел 2 «Материалы, используемые в профессиональной деятельности»

Тема 2.11 «Магнитные материалы».

Лабораторная работа №5

«Исследование процессов намагничивания ферромагнетика»

Учебная цель: проверить особенности электрических цепей при последовательном и параллельном соединениях резисторов опытным путем, измерить зависимость намагнченности и относительной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля, оценить остаточную намагнченность и коэрцитивную силу.

Обеспеченность занятия (средства обучения):

1. Лабораторное оборудование и инструменты:

- Электроизмерительные приборы: PV₁, PV₂ – вольтметр с пределом измерения 50В;
- Лабораторный стенд – 1 шт.;
- Компьютер – 1 шт.;
- Элементы схем: R₀=47 Ом, R=22 кОм, C=1мкФ, трансформатор N₁=300, N₂=900;
- Источники питания: трехфазный источник переменного тока;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите цепь по рисунку 5.1, предъявите ее для проверки преподавателю.
2. Из меню стенда «ТОЕ» вызовите осциллограф.
3. Подайте напряжение U₁ на вход X осциллографа, а напряжение U₂ – на вход Y, получите в определенном масштабе зависимость магнитной индукции в сердечнике от напряженности магнитного поля (рисунок 5.2).

4. Измерьте напряжения, соответствующие характерным точкам петли гистерезиса, занесите их в таблицу 5.1.

5. Определите коэрцитивную силу по формуле:

$$H_c = \frac{U_{1C} N_1}{l_\mu R_0}$$

где l_μ – длина магнитной силовой линии $l_\mu = \frac{\pi(D+d)}{2}$, $D = 4$ мм, $d = 2$ мм;

N_1 – число витков первой обмотки трансформатора;

U_{1C} – число, полученное по петле гистерезиса в масштабе.

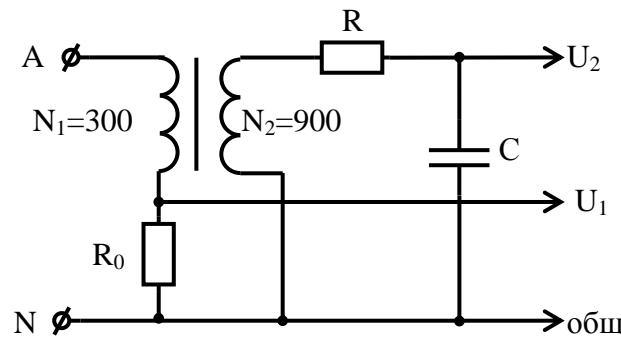


Рисунок 5.1 – Схема получения петли гистерезиса ферромагнетика

$$R_0=47 \text{ Ом}, R=22 \text{ кОм}, C=1 \text{ мкФ}$$

6. Определите напряженность поля насыщения по формуле:

$$H_s = \frac{U_{1s} N_1}{l_\mu R_0}$$

7. Определите остаточную индукцию по формуле:

$$B_r = \frac{U_{2r} R C}{S N_2}$$

8. Определите индукцию насыщения по формуле:

$$B_s = \frac{U_{2s} R C}{S N_2}$$

9. Все вычисленные данные занесите в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Данные измерений и расчетов

Измерить				Вычислить			
U_{1c}	U_{1s}	U_{2r}	U_{2s}	H_c	H_s	B_r	B_s
В	В	В	В	А/м	А/м	Тл	Тл

10. Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы и сделайте выводы.

11. Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

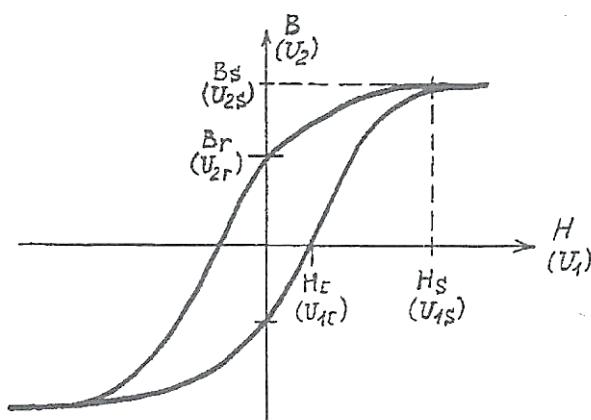


Рисунок 5.2 – Петля гистерезиса ферромагнетика

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы:

Магнитные свойства вещества определяют по тому, как эти вещества реагируют на внешнее магнитное поле и каким образом упорядочена их внутренняя структура.

По своим магнитным свойствам вещества делятся на слабомагнитные и сильномагнитные. К первым принадлежат диамагнетики и парамагнетики, а ко вторым – ферромагнетики.

К особым свойствам ферромагнетиков относятся:

- большая магнитная проницаемость $\mu \gg 1$, сложным образом зависящая от напряженности магнитного поля $\mu = \mu(H)$;
- магнитная восприимчивость $\chi \gg 1$ и, кроме того, также зависит от напряженности магнитного поля;

- нелинейность зависимостей вектора намагничивания J и индукции магнитного поля B от напряженности магнитного поля H ;
- наличие остаточной намагниченности после снятия внешнего магнитного поля и связанное с ней наличие гистерезиса в зависимостях $J=J(H)$ и $B=B(H)$;
- существование температуры, называемой точкой Кюри, при нагревании выше которой ферромагнетик теряет свои свойства и становится парамагнетиком.
- явление магнитострикции, заключающееся в деформации ферромагнетика при намагничивании.

Типичная зависимость $\mu(H)$ приведена на рисунке 5.3.

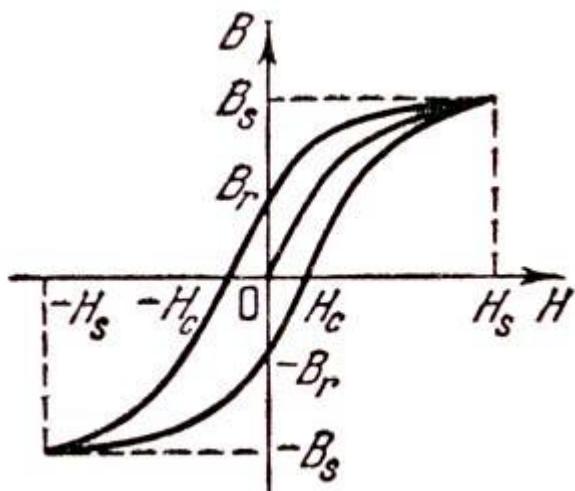


Рисунок 5.3 – Кривая намагничивания ферромагнетика

В справочных таблицах обычно приводятся значения максимальной магнитной проницаемости. Непостоянство магнитной проницаемости приводит к сложной нелинейной зависимости индукции магнитного поля от напряженности внешнего магнитного поля. Характерной особенностью процесса намагничивания ферромагнетиков является так называемый гистерезис. Гистерезис (греч. ὑστέρησις – отстающий) – свойство систем (физических, биологических и т. д.), мгновенный отклик которых на приложенные к ним воздействия зависит в том числе и от их текущего состояния, а поведение системы на интервале времени во многом определяется её предысторией.

Кривая намагничивания $B(H)$ ферромагнитного образца представляет собой петлю сложной формы, которая называется петлей гистерезиса ферромагнетика.

Из рисунка видно, что при $|H| > H_s$ наступает магнитное насыщение – намагченность образца достигает максимального значения. Если затем уменьшать напряженность внешнего поля и довести ее вновь до нулевого значения, то ферромагнетик сохранит остаточную намагченность – поле внутри образца будет равно B_r . Остаточная намагченность позволяет создавать постоянные магниты. Если изменить направление напряженности внешнего поля и довести H до значения H_c , которое принято называть *коэрцитивной силой*, индукция магнитного поля станет равна нулю, но при выключении внешнего магнитного поля ($H=0$) намагченность останется. Для того чтобы полностью размагнитить образец, необходимо многократно совершить обход вдоль петли гистерезиса/ В связи с неоднозначностью зависимости $B(H)$ понятия магнитной проницаемости и магнитной восприимчивости ферромагнетиков применяются лишь к основной кривой намагничивания, соответствующей намагничиванию ферромагнетика, не подвергавшегося ранее намагничиванию.

Природа ферромагнетизма может быть до конца понята только на основе квантовых представлений. Качественно ферромагнетизм объясняется наличием собственных (спиновых) магнитных полей у электронов. В кристаллах ферромагнитных материалов возникают условия, при которых вследствие сильного взаимодействия спиновых магнитных полей соседних электронов, энергетически выгодной становится их параллельная ориентация. В результате такого взаимодействия внутри кристалла ферромагнетика возникают самопроизвольно намагченные области размером порядка $10^{-2} \div 10^{-4}$ см. Эти области называются доменами.

Каждый домен представляет собой небольшой постоянный магнит. В отсутствие внешнего магнитного поля направления векторов индукции магнитных полей в различных доменах ориентированы в большом кристалле хаотически. Такой материал в среднем окажется ненамагченным. При наложении

внешнего магнитного поля происходит смещение границ доменов так, что объем доменов, ориентированных по внешнему полю, увеличивается. С увеличением напряженности внешнего поля возрастает магнитная индукция намагниченного вещества. В очень сильном внешнем поле домены, в которых собственное магнитное поле совпадает по направлению с внешним полем, поглощают все остальные домены, и наступает магнитное насыщение. Рисунок может служить качественной иллюстрацией процесса намагничивания ферромагнитного образца.

Контрольные вопросы:

1. Что такое магнитные свойства вещества?
2. На какие группы можно разбить вещества по их магнитным свойствам?
3. Чем характерно строение ферромагнетиков?
4. Что такое явление гистерезиса и чем оно обусловлено?
5. Что называется остаточной индукцией и коэрцитивной силой?
6. Что такое точка Кюри и что она характеризует?

Содержание отчета по лабораторной работе (форма отчета приведена в приложении А):

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Рисунок 5.1 – Схему получения петли гистерезиса ферромагнетика.
4. Таблица 5.1 – Данные измерений и расчетов.
5. Расчеты пунктов 5-8.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Список использованных источников:

- 1 Бородулин В.Н., Воробьев А.С. и др. Конструкционные и электротехнические материалы. Под ред. В.А. Филикова. М.: Высшая школа, 2014. 280 с.
- 2 Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс] М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 253 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/4575.html> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
- 3 Мутылина И.Н. Материаловедение. Цветные металлы и сплавы на их основе [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. М.: Проспект, 2015. 156 с. URL: <https://www.book.ru/book/918502> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
- 4 Скопцова Н.И. Основы электроматериаловедения. Практикум: учеб. пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: Издательский центр «Академия», 2016. 112 с.
- 5 Целебровский Ю.В. Материаловедение для электриков в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. 64 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/47695>. (договор на предоставление доступа к ЭБС).
- 6 Черепахин А.А., Колтунов И.И., Кузнецов В.А. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник для СПО. 4-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2016. 238 с. URL: <https://www.book.ru/book/919196> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
- 7 Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение и слесарное дело [Электронный ресурс]: учебник для НПО и СПО. М.: КНОРУС, 2016. 294 с. URL: <https://www.book.ru/book/919654> (договор на предоставление доступа к ЭБС).

Интернет-ресурсы:

- 1 Все о материалах и материаловедении <http://material.ru/> (дата обращения: 16.01.2017).

2 Библиотека материаловедения www.nanometer.ru (дата обращения: 16.01.2017).

Электронные ресурсы:

- | | | | |
|---|---------|-----------|--|
| 1 Электронно-библиотечная | система | IPRbooks. | URL: |
| http://www.iprbookshop.ru (договор на предоставление доступа к ЭБС IPRbooks). | | | |
| 2 Электронно-библиотечная | система | book.ru. | URL: https://www.book.ru/ |
| (договор на предоставление доступа к ЭБС book.ru). | | | |

Приложение А

Образец оформления Отчета по лабораторной работе

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

(Внимание! Титульный лист оформляется один раз в начале семестра изучения дисциплины)

Частное профессиональное образовательное учреждение
«Газпром техникум Новый Уренгой»

Кафедра электротехнических специальностей

Специальность 15.02.07 – Автоматизация технологических
процессов и производств (по отраслям)

Отчет по лабораторным работам
по дисциплине «Материаловедение»

Выполнил: студент группы АП-15 _____ И.И. Иванов
(подпись)

Принял: преподаватель _____ Т.В. Коробейникова
(подпись)

Новый Уренгой, 2017

Продолжение приложения А

Лабораторная работа №1

«Исследование зависимости электрического сопротивления металлов от температуры»

Учебная цель: экспериментально исследовать зависимость сопротивления металлов от температуры и ознакомиться с измерением их температурных коэффициентов сопротивления.

Порядок выполнения работы:

Таблица 1.1 – Технические данные приборов

Наименование прибора и оборудования	Количество	Характеристика	Марка
Прибор универсальный измерительный			
Термопара			
Металлический резистор			
Нагревательный элемент			
Стеклянная термоустойчивая колба			

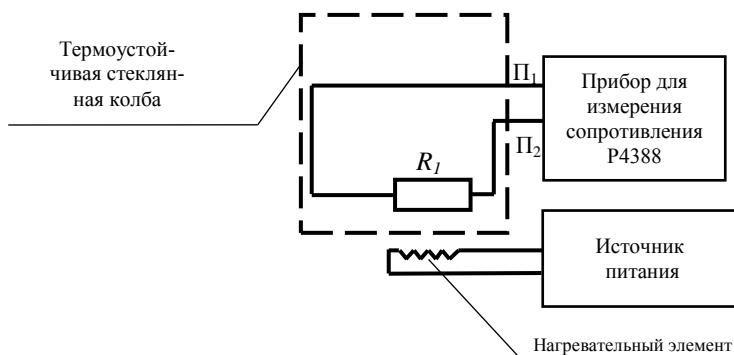


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема экспериментальной установки.

Таблица 1.2 – Данные измерения сопротивлений при различной температуре

№ опыта	1	2	3	4	5
t, °C	25	35	45	55	65
R ₁ , Ом (металл)	137	138.2	139.42	140.6	140.92

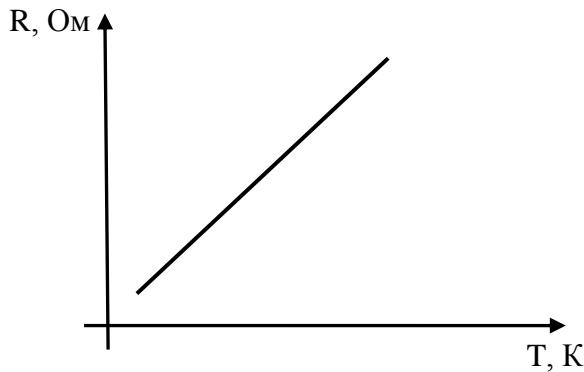


Рисунок 1.2 – График зависимости сопротивлений металла от температуры

Температурный коэффициент сопротивления металла равен:

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1}$$

Сопротивление R_0 – сопротивление металлического медного проводника при температуре 20°C.

Вывод: в результате выполнения лабораторной работы мною была изучена инструкция по технике безопасности, основные правила выполнения лабораторных работ. По опытным данным, полученным в результате выполнения задания видно, что с ростом температуры растет и сопротивление, т.е. прямо пропорциональная зависимость доказана экспериментально.

Контрольные вопросы:

1. Какова будет проводимость металлов при $T=0$ К?
2. Как определяется температурный коэффициент сопротивления металлов?
3. Каков физический смысл температурного коэффициента сопротивления металла? От чего он зависит?

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист

М. Оле

М.В. Отс

Методист по ИТ

Ю.В.

Ю.В. Пеховкина